

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001001148  
PUBLICATION DATE : 09-01-01

APPLICATION DATE : 20-04-00  
APPLICATION NUMBER : 2000119295

APPLICANT : KAWASAKI STEEL CORP;

INVENTOR : YASUDA KOICHI;

INT.CL. : B23K 9/173 B23K 9/16 B23K 9/23 B23K 35/30 C22C 38/00 C22C 38/50 C22C 38/54  
// B23K103:04

TITLE : GAS SHIELD ARC WELDING OF THICK HIGH TENSILE STRENGTH STEEL PLATE OF  
AT LEAST 900 MPa CLASS

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a gas shield welded joint superior in strength and toughness.

SOLUTION: A high tensile strength steel of a thickness  $t$  of at least 50 mm, tensile strength  $TS$  of at least 900 MPa class is welded by the gas shield arc welding method, welding conditions of the gas shield arc welding and the welding wire being used are adjusted so that a surface width  $W_1$  (mm) and rear face width  $W_2$  (mm), a cross-sectional area  $S$  (mm<sup>2</sup>) of a weld metal at a cross section of the welded joint and the tensile strength  $TS_w$  (MPa) of the weld metal satisfy inequalities  $W_2 < W_1 < 0.45 t$ ,  $S/t^2 < 0.4$  and  $0.95 TS + 300 S/t^2 - 135 < TS_w < 0.95 TS$ , respectively.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-1148

(P2001-1148A)

(43)公開日 平成13年1月9日(2001.1.9)

(51)Int.Cl.  
B 23 K 9/173  
9/16  
9/23  
35/30 3 2 0  
C 22 C 38/00 3 0 1

識別記号

F I  
B 23 K 9/173  
9/16  
9/23  
35/30 3 2 0 F  
C 22 C 38/00 3 0 1 A

テ-マコ-ト(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 10 頁) 最終頁に統ぐ

(21)出願番号 特願2000-119295(P2000-119295)

(22)出願日 平成12年4月20日(2000.4.20)

(31)優先権主張番号 特願平11-113599

(32)優先日 平成11年4月21日(1999.4.21)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000001258

川崎製鉄株式会社

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72)発明者 池田 倫正

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72)発明者 安田 功一

千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(74)代理人 100099531

弁理士 小林 英一

(54)【発明の名称】 900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接方法

(57)【要約】

【課題】 引張強さと韌性がともに優れたガスシールド溶接継手を製作できる、900MPa級厚肉高張力鋼板のガスシールド溶接方法を提案する。

【解決手段】 板厚  $t$  : 50mm以上、引張強さ  $T_S$  : 900 MPa 以上の900MPa級厚肉高張力鋼板をガスシールドアーク溶接法により溶接し、溶接継手部断面における溶接金属の表面幅  $W_1$  (mm)、裏面幅  $W_2$  (mm) が、 $W_2 < W_1 < 0.45 t$  を、溶接金属の断面積  $S$  (mm<sup>2</sup>) が、 $S/t^2 < 0.4$  を、満足し、かつ溶接金属の引張強さ  $T_{Sw}$  (MPa) が、 $0.95 T_S + 300 \cdot S/t^2 - 135 < T_{Sw} < 0.95 T_S$  を満足するように、ガスシールドアーク溶接条件および使用する溶接ワイヤを調整する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 板厚t : 50mm以上、引張強さTS : 900 MPa 以上の900MPa以上級厚肉高張力鋼板をガスシールドアーク溶接法により溶接するにあたり、溶接継手部断面における溶接金属の表面幅W<sub>1</sub> (mm)、裏面幅W<sub>2</sub> (mm)が下記(1)式を、溶接継手部断面における溶接金

属の断面積S (mm<sup>2</sup>) が下記(2)式を、それぞれ満足し、かつ溶接金属の引張強さTS<sub>w</sub> (MPa) が下記(3)式を満足するように、ガスシールドアーク溶接条件および使用する溶接ワイヤを調整することを特徴とする900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接方法。

記

$$W_2 < W_1 < 0.45t \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$S/t^2 < 0.4 \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$0.95TS + 300S/t^2 - 135 < TS_w < 0.95TS \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここに、W<sub>1</sub> : 溶接金属の表面幅 (mm)

W<sub>2</sub> : 溶接金属の裏面幅 (mm)

S : 溶接金属の断面積 (mm<sup>2</sup>)

TS<sub>w</sub> : 溶接金属の引張強さ (MPa)

TS : 鋼板の引張強さ (MPa)

t : 鋼板の板厚 (mm)

【請求項2】 前記ガスシールドアーク溶接条件が、開先形状を10°以下以下のU型またはV型の狭開先形状とし、シールドガスを、5%以上のCO<sub>2</sub>ガスを含むArガスとし、溶接入熱を10~40kJ/cmとすることを特徴とする請求項1に記載の900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接方法。

【請求項3】 前記シールドガスを、5%以上のCO<sub>2</sub>ガ

スを含むArとHeの混合ガスとすることを特徴とする請求項2に記載の900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接方法。

【請求項4】 前記溶接ワイヤが、質量%で、

C : 0.07%以下, Si : 0.2 ~ 0.5 %

Ni : 2.5 ~ 4.0 %, Ti : 0.01 ~ 0.05 %

O : 0.007 %以下

を含み、さらに、Mn、Cr、Mo、V、およびCuのうちから選ばれた1種または2種以上を下記(4)式で定義される炭素当量C<sub>eq</sub>が0.80~1.10となるように含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接方法。

記

$$C_{eq} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15 \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここに、C、Mn、Cr、Mo、V、Ni、Cu : 各元素の含有量  
(質量%)

C : 0.07 ~ 0.16 %,

Mn : 0.6 ~ 1.2 %,

S : 0.005 %以下,

Ni : 1.0 ~ 4.0 %,

Mo : 0.3 ~ 0.8 %,

Nb : 0.005 ~ 0.03 %,

B : 0.0005 ~ 0.0020 %,

を含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなる組成を有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、引張強さ：900MPa以上の900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接に係り、とくに継手部強度が高くかつ溶接部韌性に優れた溶接継手の製作が可能なガスシールドアーク溶接方法に関する。

【0002】

【従来の技術】高張力鋼の溶接には、被覆アーク溶接、サブマージアーク溶接、シールドアーク溶接など各種の溶接方法が適用されている。各種溶接方法のなかで、引張強さが900MPa以上の超高張力鋼板を溶接する際には、

【請求項5】 前記900MPa以上級厚肉高張力鋼板が、質量%で、

Si : 0.20%以下,

P : 0.010 %以下,

Cu : 0.5 %以下,

Cr : 0.3 ~ 1.2 %,

V : 0.01 ~ 0.1 %,

Al : 0.015 ~ 0.10 %,

N : 0.005 %以下

低温割れの発生を防止する観点から、溶接金属中の水素量を低減できるマグ(MAG)溶接、ティグ(TIG)溶接などのシールドアーク溶接が好適である。

【0003】また、ティグ溶接によれば、溶接金属中の酸素量を極めて低くすることが可能であり、良好な韌性を有する溶接金属を得ることができる。しかし、溶接施工効率の面からはティグ溶接にくらべマグ溶接の方が優れており、溶接施工コストの軽減という観点からは、マグ溶接の適用が要望されている。高張力鋼の溶接においては、強度が高くなればなるほど溶接部に低温割れが発生しやすくなり、また溶接部の韌性も低下する傾向となる。そのため、高張力鋼用溶接材料には、高い強度を有し、かつ優れた耐低温割れ感受性と高い韌性を有することが要求されている。

【0004】このようなことから、強度、韌性、耐低温割れ性の向上を目的として、種々の高張力鋼用溶接材料

が開発されている。例えば、特公昭63-32558号公報には、TiとNbの複合添加による析出強化および組織強化を利用した高強度と高韌性を有する超高張力鋼用ガスシールドアーク溶接材料が提案されている。

【0005】また、特開昭61-135499号公報には、Niを3.51%以上添加し、さらにVを添加して、Vによる析出強化とNiによる韌性改善により、高強度と良好な韌性を得る超高張力鋼用ガスシールドアーク溶接材料が提案されている。また、特開平7-276080号公報には、C、Si、Mn、Cr、Moを基本組成として、TiとVを複合添加し、さらにNを適量添加して、TiとVによる析出強化とNによる韌性改善により、高強度と良好な韌性を得る超高張力鋼用マグ溶接材料が提案されている。

【0006】しかしながら、特公昭63-32558号公報、特開平7-276080号公報に記載された技術におけるように、溶接材料（ワイヤ）にTiとNbあるいはTiとV、Nを多量に添加すると、溶接金属を高強度化できるが、溶接金属の韌性が劣化する場合があり、安定して高強度と良好な韌性を有する溶接金属を得ることができないという問題があった。また、特開昭61-15499号公報に記載された技術では、高価なNi、Vを多量に添加する必要があり、製造コストが上昇し経済的に問題を残していた。

【0007】また、引張強さが900MPa以上の高強度を有する溶接金属では、組織は、マルテンサイドとベイナイトの混合組織となるため、フェライト組織におけるような組織制御による韌性向上が難しく、溶接ワイヤの化学組成の調整だけではつねに安定した韌性を確保することは困難であった。通常、溶接金属引張強さが鋼板引張強さより高くなる、いわゆる、オーバーマッチングで溶接継手が製作されている。しかし、例えば引張強さが780MPa以上の高張力鋼板の溶接継手においては、上記したことから、溶接金属の引張強さが鋼板の引張強さより低くなる、いわゆる、アンダーマッチングとなるよう溶接継手を設計したほうが、溶接部の韌性の観点からは有効であるとの提案がなされている。溶接継手の場合は、溶接金属は鋼板から塑性変形の拘束を受けるため、溶接金属の強度が鋼板強度より低くても、溶接継手部強度が鋼板強度以上を確保できる場合があり、韌性面からは有利となる。

【0008】

$$0.95TS + 300S/t^2 - 135 < TS_w < 0.95TS \quad \dots \dots \dots (3)$$

(ここに、 $TS_w$ ：溶接金属の引張強さ(MPa)、 $TS$ ：鋼板の引張強さ(MPa)、 $S$ ：溶接金属の断面積( $\text{mm}^2$ )、 $t$ ：鋼板板厚( $\text{mm}$ )を満足するように、ガスシールドアーク溶接条件および使用する溶接ワイヤを調整することを特徴とする900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールドアーク溶接方法である。

【0012】また、本発明では、前記ガスシールドアーク溶接条件が、開先形状を10°以下のU型またはV型の

【発明が解決しようとする課題】アンダーマッチングとなる溶接継手の広幅引張試験では、溶接金属の強度をかなり低下させても鋼板強度並みの継手強度が確保できるという報告もある。しかし、溶接長さの短くなる矩形引張試験では、アンダーマッチングとなる場合には、継手強度の低下が懸念されるが、鋼板強度並みの継手強度が確保できる溶接金属の下限強度については、まだ不明確であり、実際に鋼板の引張強さの95%を下回るような低強度化がなされた例は900MPa級以上の鋼ではない。

【0009】このことから、溶接部の韌性改善の手段として、溶接金属強度を低くすることについて、十分な検討および適正化がなされていないのが現状である。本発明は、上記した従来技術の問題を解決し、引張強さと韌性がともに優れたガスシールド溶接継手を製作できる、900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールド溶接方法を提案すること目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記した課題を達成するため、溶接金属の強度低下による溶接継手部韌性の改善方法について鋭意検討した。その結果、溶接金属の強度を低下しても、溶接金属部の幅を適正に調整することにより、溶接部の韌性を改善し、かつ溶接継手部強度を鋼板強度以上とすることが可能であることを見いたしました。

【0011】本発明は、上記した知見に基づいて構成されたものである。すなわち、本発明は、板厚 $t$ ：50mm以上、引張強さ $TS$ ：900MPa以上好ましくは1180MPa以下の900MPa以上級厚肉高張力鋼板をガスシールドアーク溶接法により溶接するにあたり、溶接継手部断面における溶接金属の表面幅 $W_1$ (mm)、裏面幅 $W_2$ (mm)が次(1)式

$$W_2 < W_1 < 0.45t \quad \dots \dots \dots (1)$$

(ここに、 $W_1$ ：溶接金属の表面幅(mm)、 $W_2$ ：溶接金属の裏面幅(mm)、 $t$ ：鋼板板厚(mm)を、溶接継手部断面における溶接金属の断面積 $S$ ( $\text{mm}^2$ )が次

$$(2) \text{ 式} \quad S/t^2 < 0.4 \quad \dots \dots \dots (2)$$

(ここに、 $S$ ：溶接金属の断面積( $\text{mm}^2$ )、 $t$ ：鋼板板厚( $\text{mm}$ )を、それぞれ満足し、かつ溶接金属の引張強さ $TS_w$ (MPa)が次(3)式

$$0.95TS + 300S/t^2 - 135 < TS_w < 0.95TS \quad \dots \dots \dots (3)$$

狭開先形状とし、シールドガスを、5%以上のCO<sub>2</sub>ガスを含むArガス、あるいは5%以上のCO<sub>2</sub>ガスを含むArとHeの混合ガスとし、溶接入熱を10～40kJ/cmとすることが好ましい。また、本発明では、前記溶接ワイヤが、質量%で、C:0.07%以下、Si:0.2～0.5%、Ni:2.5～4.0%、Ti:0.01～0.05%、O:0.007%以下を含み、さらに、Mn、Cr、Mo、V、およびCuのうちから選ばれた1種または2種以上を次(4)式

$$C_{eq} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15 \quad \dots \dots \dots (4)$$

(ここに、C、Mn、Cr、Mo、V、Ni、Cu：各元素の含有量（質量%）)で定義される炭素当量C<sub>eq</sub>が0.80～1.10となるように含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなることが好ましい。

【0013】また、本発明では、前記900MPa以上級厚肉高張力鋼板が、質量%で、C : 0.07～0.16%、Si : 0.20%以下、Mn : 0.6～1.2%、P : 0.010%以下、S : 0.005%以下、Cu : 0.5%以下、Ni : 1.0～4.0%、Cr : 0.3～1.2%、Mo : 0.3～0.8%、V : 0.01～0.1%、Nb : 0.005～0.03%、Al : 0.015～0.10%、B : 0.0005～0.0020%、N : 0.005%以下を含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなる組成を有することが好ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明で使用する鋼板は、板厚t : 50mm以上、引張強さTS : 900 MPa以上好ましくは1180MPa以下の900MPa以上級厚肉高張力鋼板とする。本発明では、溶接金属の強度を低下させ溶接金属の韌性を向上させるため、使用する鋼板の引張強さを900 MPa以上好ましくは1180MPa以下の範囲に限定する。引張強さTSが900 MPa未満の場合には、溶接金属の韌性は十分高く、溶接金属強度を鋼板強度より低減させる必要はない。一方、引張強さTSが1180MPaを超えると、溶接継手をアンダーマッチングとしても、継手部強度を鋼板強度以上とするには溶接金属の強度が高くなるため、溶接金属の韌性の向上が期待できない。

【0015】また、鋼板板厚tが50mm未満では、継手部の塑性拘束が小さく溶接金属の強度を低下させると継手強度が鋼板強度未満となる。このため、本発明では、鋼板の板厚を50mm以上の厚肉鋼板に限定した。本発明で使用する900MPa以上級厚肉高張力鋼板の好適な組成について説明する。

【0016】C : 0.07～0.16質量%（以下、%と記す）Cは、鋼の強度を増加させる元素であり、所望の強度を得るために本発明では0.07%以上含有するのが望ましい。一方、0.16%を超える含有は、韌性が低下するとともに低温割れ感受性が増大する。このため、Cは0.07～0.16%の範囲とするのが好ましい。

【0017】Si : 0.20%以下

Siは、脱酸剤として作用するが、0.20%を超える含有は韌性を劣化させる。このため、Siは0.20%以下とするのが好ましい。なお、より好ましくは0.10%以下である。

Mn : 0.6～1.2%

Mnは、鋼の強度および韌性を向上させる元素であり、所望の強度を得るために、本発明では0.6%以上を含有するのが好ましい。一方、1.2%を超える含有は溶接硬化性を増大する。このため、Mnは0.6～1.2%の範囲とするのが好ましい。

【0018】P : 0.010%以下

Pは、粒界に偏析し韌性を劣化させる元素であり、できるだけ低減するのが好ましい。しかし、0.010%までは

許容できるため、上限とするのが望ましい。

S : 0.005%以下

Sは、硫化物を形成し、清浄度を低下させるとともに韌性を劣化させる。このため、できるだけ低減するのが望ましい。しかし、0.005%までは許容できる。

【0019】Cu : 0.5%以下

Cuは、鋼の強度を増加させる元素であるが、多量に添加すると熱間加工性が低下する。このため、本発明では、0.5%以下に限定するのが望ましい。

Ni : 1.0～4.0%

Niは、鋼の韌性を向上させる元素であり、本発明では1.0%以上の含有が望ましい。一方、4.0%を超える含有は高価なNiを多量に含有し経済的に不利となる。このようなことから、Niは1.0～4.0%の範囲とするのが好ましい。

【0020】Cr : 0.3～1.2%

Crは、焼入れ性の向上を通して鋼の強度を増加させる元素であり、本発明では所望の強度を確保するために0.3%以上含有するのが望ましい。一方、1.2%を超える含有は溶接硬化性を増大させる。このため、Crは0.3～1.2%の範囲とするのが好ましい。

【0021】Mo : 0.3～0.8%

Moは、焼入れ性の向上の向上およびMo炭化物の析出により鋼の強度を増加させる元素であり、本発明では、0.3%以上の含有が望ましい。一方、0.8%を超える含有は溶接硬化性を増大させる。このため、Moは0.3～0.8%の範囲とするのが好ましい。

【0022】V : 0.01～0.1%

Vは、V炭化物の析出により少量の添加で鋼の強度を増加させる元素であり、本発明では、0.01%以上の含有が望ましい。一方、0.1%を超える含有は韌性が劣化する。このため、Vは0.01～0.1%の範囲とするのが好ましい。

Nb : 0.005～0.03%

Nbは、オーステナイト粒を微細化し、韌性を向上させる元素であり、0.005%以上含有するのが好ましい。一方、0.03%を超える含有は韌性を劣化させる。このため、Nbは0.005～0.03%の範囲とするのが好ましい。

【0023】Al : 0.015～0.10%

Alは、脱酸剤として作用するとともに、Nと結合し、B焼入れ性を向上させ、さらにオーステナイト粒を微細化し、韌性を向上させる元素であり、0.015%以上含有するのが好ましい。一方、0.10%を超える含有はアルミニナ系介在物を増加させ、延性を劣化させる。このため、Alは0.015～0.10%の範囲とするのが好ましい。

【0024】B : 0.0005～0.0020%

Bは、少量の含有で焼入れ性を増加させる元素であり、本発明では0.0005%以上の含有が望ましい。一方、0.0020%を超えて含有しても焼入れ性の向上は飽和し含有量に見合う効果が期待できない。このため、Bは0.0005～

0.0020%の範囲とするのが望ましい。

【0025】N : 0.005 %以下

Nは、Bの焼入れ性を低下させる元素であり、できるだけ低減するのが望ましいが0.005 %までは許容できる。本発明に好適な鋼板は、上記した成分以外の残部はFeおよび不可避的不純物である。

【0026】本発明では、上記した強度、板厚の900MPa以上級厚肉高張力鋼板をガスシールドアーク溶接法により、断面形状が図1に示すような狭開先の溶接維手を作製する。溶接維手部の断面形状は、溶接金属の表面幅W<sub>1</sub>(mm)、裏面幅W<sub>2</sub>(mm)が次(1)式

$$W_2 < W_1 < 0.45t \quad \dots \dots \dots (1)$$

(ここに、W<sub>1</sub> : 溶接金属の表面幅(mm)、W<sub>2</sub> : 溶接金属の裏面幅(mm)、t : 鋼板板厚(mm))を満足し、さらに、溶接金属の断面積S(mm<sup>2</sup>)が次(2)式

$$S/t^2 < 0.4 \quad \dots \dots \dots (2)$$

(ここに、S : 溶接金属の断面積(mm<sup>2</sup>)、t : 鋼板板厚(mm))を、満足する断面形状とする。ここで、最終パス側を表面側とする。溶接金属の表面幅W<sub>1</sub>、裏面幅W<sub>2</sub>が0.45t以上では、溶接金属部の幅が大きくなり、維手部強度が鋼板強度より低い値となる。また、溶接金属の断面積Sが大きくなると、維手部強度が鋼板強度より低い値となる。このため、溶接金属の断面形状は(1)、(2)式を満足するように限定した。溶接金属の断面形状が(1)、(2)式を満足するためには、ガスシールドアーク溶接条件、すなわち開先形状、入熱等の溶接条件、積層条件等を調

$$0.95TS + 300S/t^2 - 135$$

(ここに、TS<sub>w</sub> : 溶接金属の引張強さ(MPa)、T : 鋼板の引張強さ(MPa)、S : 溶接金属の断面積(mm<sup>2</sup>)、t : 鋼板板厚(mm))を満足する。ここで、溶接金属の引張強さTS<sub>w</sub>が、(0.95TS + 300S/t<sup>2</sup> - 135)以下では溶接維手部の引張強さが鋼板の引張強さより低くなる。また、溶接金属の引張強さTS<sub>w</sub>が0.95TS以上では溶接金属の韌性が劣化する。このため、溶接金属の引張強さTS<sub>w</sub>を(3)式を満足するように調整する。溶接金属の引張強さを(3)式を満足するためには、とくに使用する溶接ワイヤ中の合金元素

$$Ce_{eq} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15 \quad \dots \dots \dots (4)$$

(ここに、C、Mn、Cr、Mo、V、Ni、Cu : 各元素の含有量(質量%)で定義される炭素当量Ce<sub>eq</sub>が0.80~1.10となるように含有し、残部Feおよび不可避的不純物からなる。

【0031】溶接ワイヤの化学成分の限定理由について説明する。

C : 0.07%以下

Cは、溶接金属の強度を増加させる元素であるが、0.07%を超える含有は、韌性が低下するとともに低温割れ感受性が増大する。このため、Cは0.07%以下とするのが好ましい。なお、0.02%未満では所望の強度を得るのが

整するのが好ましい。とくに、開先形状を狭開先(10°以下)とすることが上記(1)、(2)式を満足させるうえで好ましい。

【0027】溶接方法は、ガスシールドアーク溶接のうち、マグ(MAG)溶接、あるいはミグ(MIG)溶接いずれも好適であるが、なかでもマグ(MAG)溶接が好ましい。溶接維手の開先形状は、図2に示すような、開先角度10°以下好ましくは5°以上のU型、あるいは開先角度10°以下好ましくは5°以上のV型とするのが好ましい。同一積層におけるパス数は、3パス以下、より好ましくは2パス以下とするのが溶接金属の品質および断面形状、とくに溶接金属幅の観点から好ましい。

【0028】また、溶接は、シールドガスとして、5%(vol %)以上のCO<sub>2</sub>ガスを含むArガス、あるいは5%以上のCO<sub>2</sub>ガスを含むArとHeの混合ガスを用い、電圧：15~35V、電流：110~350A、溶接速度：20~35cm/min、溶接入熱：10~40kJ/cmとするMAG溶接とするのが好ましい。MAG溶接以外の、例えばMIG溶接としてもよいことはいうまでもない。また、CO<sub>2</sub>ガスの含有量は溶接施工性および溶接欠陥防止の観点から5%以上好ましくは40%以下である。なお、5%以上のCO<sub>2</sub>ガスを含むArとHeの混合ガスの場合には、混合するHeの量は5~30%(vol %)の範囲とするのが溶接施工性の観点から好ましい。

【0029】さらに、本発明では、溶接金属の引張強さTS<sub>w</sub>(MPa)が(3)式を満足するように、シールドガスアーク溶接条件、溶接ワイヤを調整する。

$TS_w < 0.95TS + 300S/t^2 - 135 \quad \dots \dots \dots (3)$   
量を調整するのが好ましい。

【0030】本発明で使用する溶接ワイヤは、上記(1)~(3)式を満足する溶接金属を形成できるものであれば、とくに限定されない。なお、本発明に好適な溶接ワイヤの組成は、質量%で、C : 0.07%以下、Si : 0.2~0.5%、Ni : 2.5~4.0%、Ti : 0.01~0.05%、O : 0.007%以下を含み、さらに、Mn、Cr、Mo、V、およびCuのうちから選ばれた1種または2種以上を次(4)式

$$Ce_{eq} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15 \quad \dots \dots \dots (4)$$

難しくなる。所望の強度を得るためには、0.02%以上とするのがより好ましい。

【0032】Si : 0.2~0.5%

Siは、脱酸のために不可欠な元素であるが、0.2%未満の含有では、その効果が発揮されず、ピットやプローホールが発生するばかりでなく韌性を劣化させる。一方、0.5%を超えると、溶接金属の韌性が著しく劣化する。このため、Siは0.2~0.5%の範囲とするのが好ましい。

【0033】Ni : 2.5~4.0%

Niは、溶接金属の韌性を向上させる元素であり、本発明

では2.5%以上の含有が好ましい。Ni含有量が2.5%未満では、所望の韌性を確保できない。一方、Niを4.0%超えて含有すると、本発明におけるような900MPa以上の引張強さを有する溶接金属では韌性はかえって低下する。このため、Niは2.5~4.0%の範囲とするのが好ましい。

## 【0034】Ti: 0.01~0.05%

Tiは、析出効果により少量の添加で溶接金属の強度を上昇させる元素であるが、0.01%未満の含有ではその効果は少ない。また、0.05%を超える含有は、溶接金属の韌性を低下させる。そのため、Tiは0.01~0.05%の範囲とするのが好ましい。

$$C_{eq} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15 \quad \dots \dots \dots (4)$$

(ここに、C、Mn、Cr、Mo、V、Ni、Cu:各元素の含有量(質量%))

なお、本発明では、(4)式の計算では、含有しない元素は0として計算するものとする。

【0037】 $C_{eq}$ が0.80未満では、溶接金属が所望の強度を確保できない。一方、1.10を超えると韌性が顕著に低下するとともに、低温割れ感受性が高くなる。このため、本発明では、Mn、Cr、Mo、V、Cuは、 $C_{eq}$ が0.80~1.10の範囲となるように含有させるのが好ましい。Mnは、溶接金属の強度および韌性を増加させる元素であり、含有する場合には、1.5~2.5%以上とするのが好ましい。しかし、1.5%未満では、強度増加が少なく、一方、2.5%を超える含有は、韌性が低下するとともに低温割れ感受性が増大する。

【0038】Crは、溶接金属の強度を増加させる有効な元素であり、含有する場合には、0.7%以上とするのが好ましい。一方、1.5%を超える含有は、韌性が低下するとともに低温割れ感受性が増大する。Moは、溶接金属の強度を増加させる有効な元素であり、含有する場合には、0.3%以上とするのが好ましい。一方、1.0%を超える含有は、韌性が低下するとともに低温割れ感受性が増大する。

【0039】Vは、少量の添加で溶接金属の強度を増加させる元素であり、含有する場合には、0.02%以下とするのが好ましい。一方、0.02%を超える含有は、韌性が低下するとともに低温割れ感受性が増大する。Cuは、溶接金属の強度を増加させる元素であり、含有する場合には、0.1%以上とするのが好ましい。一方、0.4%を超える含有は、韌性が低下する。なお、上記したCu量はワイヤのめっきに由来するCuを含むものとする。

【0040】溶接ワイヤは、上記した成分以外の残部は

## 【0035】O: 0.007%以下

Oは、高強度の溶接金属では韌性を劣化させる元素であり、できるだけ低減する。O含有量が0.007%を超えると、溶接金属の韌性が著しく劣化する。このため、Oは0.007%以下に限定するのが好ましい。Mn、Cr、Mo、V、およびCuのうちから選ばれた1種または2種以上を炭素当量 $C_{eq}$ : 0.80~1.10の範囲で含有する。

【0036】Mn、Cr、Mo、V、Cuは、いずれも、溶接金属の強度を増加させる元素であり、必要に応じ1種または2種以上を選択し、 $C_{eq}$ : 0.80~1.10の範囲で含有できる。 $C_{eq}$ は、(4)式で定義される。

$$C_{eq} = C + Mn/6 + Cr/5 + Mo/5 + V/5 + Ni/15 + Cu/15 \quad \dots \dots \dots (4)$$

Feおよび不可避的不純物である。不可避的不純物として、P、S、Nを下記のように低減するのが好ましい。なお、Alは脱酸剤として作用する元素であり、脱酸のためAl: 0.08以下含有してもよい。

P: 0.007%以下

Pは、溶接金属の韌性を低下させる元素であり、できるだけ低減するのが好ましい。P含有量が0.007%を超えると、韌性の劣化が著しくなる。このため、Pは0.007%以下とするのが好ましい。

## 【0041】S: 0.007%以下

Sは、溶接金属の韌性を低下させ、また高温割れの原因にもなる元素であり、できるだけ低減するのが好ましい。S含有量が0.007%を超えると、韌性の劣化が著しくなる。このため、Sは0.007%以下とするのが好ましい。

N: 0.007%以下

Nは、少量の添加で溶接金属の強度を増加させる元素であるが、同時に韌性を劣化させる。このため、Nは0.007%以下とするのが好ましい。

## 【0042】

【実施例】表1に示す組成の鋼板(板厚50~200mm)に熱処理(焼入れー焼戻し)を施し、引張強さ900MPa以上の高張力鋼板とした。これら鋼板を、図2に示す開先形状に加工したのち、表2に示す溶接用ワイヤを用いて、多層溶接を行い溶接維手を作製した。溶接法は、Ar-CO<sub>2</sub>混合ガス、あるいはAr-He-CO<sub>2</sub>混合ガスをシールドガスとするマグ溶接方法とした。溶接条件を表3に示す。なお、溶接条件2は入熱量が40kJ/cmを超えるバスを含み、10~40kJ/cmの好適な入熱条件を外れる。

## 【0043】

## 【表1】

【表1】

鋼板 No	化 学 成 分 (質量%)													
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	N
A	0.11	0.10	0.87	0.006	0.001	0.060	0.25	2.00	0.55	0.55	0.05	0.015	0.0010	0.0030
B	0.13	0.10	0.90	0.005	0.001	0.055	0.25	3.80	0.55	0.55	0.05	0.015	0.0011	0.0030
C	0.15	0.10	1.30	0.006	0.001	0.060	0.25	2.00	0.55	0.70	0.05	0.015	0.0010	0.0030

【0044】

【表2】

試験 No	化 学 成 分 (質量%)														
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	Al	V	N	O	Ceq
1	0.025	0.40	1.60	0.003	0.004	0.25	3.05	1.30	0.50	0.015	0.025	0.002	0.0035	0.0040	0.87
2	0.035	0.31	1.90	0.005	0.003	0.35	3.02	1.05	0.49	0.022	0.030	0.004	0.0040	0.0023	0.89
3	0.035	0.35	1.85	0.004	0.002	0.22	2.95	1.05	0.70	0.029	0.036	0.003	0.0051	0.0025	0.91
4	0.044	0.40	1.85	0.003	0.002	0.30	3.33	1.22	0.40	0.031	0.028	0.002	0.0063	0.0025	0.92
5	0.048	0.48	1.80	0.002	0.006	0.40	3.30	1.22	0.45	0.011	0.047	0.001	0.0022	0.0058	0.93
6	0.045	0.28	2.40	0.006	0.003	0.31	3.00	0.93	0.40	0.020	0.050	0.002	0.0028	0.0063	0.93
7	0.055	0.35	2.00	0.005	0.002	0.29	2.90	1.25	0.40	0.025	0.033	0.005	0.0061	0.0060	0.93
8	0.028	0.44	2.00	0.004	0.004	0.20	3.50	0.90	0.80	0.033	0.026	0.006	0.0054	0.0045	0.95
9	0.050	0.26	2.31	0.004	0.003	0.34	3.40	0.95	0.45	0.012	0.040	0.003	0.0024	0.0030	0.96
10	0.060	0.29	2.25	0.003	0.003	0.30	3.45	1.05	0.40	0.035	0.035	0.004	0.0018	0.0037	0.98
11	0.018	0.45	1.65	0.005	0.002	0.38	2.85	1.00	0.35	0.035	0.069	0.001	0.0015	0.0033	0.78
12	0.070	0.50	2.40	0.007	0.003	0.19	3.05	1.30	0.90	0.015	0.040	0.003	0.0040	0.0056	1.13

【0045】

【表3】

No	溶接条件						シールドガス
	電圧(V)	電流(A)	速度(cm/min)	入熱(kJ/cm)	予熱(℃)		
1	20~25	150~250	25~30	15~25	75	10%CO <sub>2</sub> -Ar	
2	25~35	200~350	15~20	35~45	75	10%CO <sub>2</sub> -Ar	
3	20~25	150~250	25~30	15~25	75	10%CO <sub>2</sub> -5%He-Ar	

【0046】これらの溶接継手から試験片を採取し、断面形状調査、引張試験、衝撃試験を実施し、溶接金属の断面形状、継手部引張特性および衝撃特性を調査した。

#### (1) 溶接金属の断面形状

溶接継手部から、試験片を採取し、溶接継手部断面形状を測定した。測定に際しては、図1に模式的に示すように、溶接金属の表面幅W1、裏面幅W2、および断面積Sを測定した。

#### (2) 引張試験

溶接継手部から、JIS Z 3121に規定されるJIS 1号引張試験片（全厚の溶接継手引張試験片）を採取し、これら溶接継手部引張試験片による引張試験を実施し、引張強

度を求めた。また、溶接金属中央部からJIS Z 3111に規定するJIS A2号引張試験片を採取し溶接金属の引張強度を求めた。

#### (3) 衝撃試験

溶接継手部の溶接金属中央部で、板厚1/4の位置から、JIS Z 3111に規定するシャルピー衝撃試験片（JIS 4号衝撃試験片）を採取し、-20℃におけるシャルピー衝撃試験の吸収エネルギー（vE<sub>-20</sub>）を求めた。

【0047】これらの結果を表4に示す。なお、引張特性的評価は、鋼板引張強さ(TS)以上の継手引張強度を示したものを○、それ以外を×とした。韌性の評価は、-20℃におけるシャルピー吸収エネルギー(v

E-20 ) が70J 以上の韌性を示したものを○、それ以外を×とした。

【0048】  
【表4】

【表4-1】

組手	組合せ			溶接条件	縫手部												備考	
	鋼板		ワイヤ		断面形状						溶金引張特性		引張特性		溶接金属韌性			
	No	板厚 mm	引張強さ TSC MPa		No	ワイヤ 径 mm	No	開先形 状: θ	W1 mm	W2 mm	(1)式 *	S mm²	S/t² **	(2)式 ***	TSw MPa	(3)式 ***	MPa	評価
1 A 50 900 1 1.2 1 U. 8° 18 12 ○ 760 0.30 ○ 815 ○ 920 ○ 150 ○	本発明例																	
2 A 50 900 2 1.2 1 U. 8° 22 12 ○ 880 0.35 ○ 840 ○ 905 ○ 140 ○																		
3 A 75 960 5 1.2 1 U. 8° 23 15 ○ 1460 0.26 ○ 900 ○ 975 ○ 125 ○																		
4 A 50 980 4 1.2 1 V. 8° 18 10 ○ 725 0.29 ○ 890 ○ 1000 ○ 130 ○																		
5 A 50 980 6 1.2 1 U. 9° 22 14 ○ 930 0.37 ○ 915 ○ 1010 ○ 116 ○																		
6 A 75 980 3 1.2 1 V. 7° 22 15 ○ 1400 0.25 ○ 875 ○ 985 ○ 135 ○																		
7 A 75 980 8 1.2 1 U. 6° 22 15 ○ 1400 0.25 ○ 930 ○ 1015 ○ 120 ○																		
8 A 75 980 6 1.2 1 V. 7° 28 15 ○ 1630 0.29 ○ 915 ○ 1008 ○ 115 ○																		
9 A 75 980 7 1.2 1 V. 10° 33 15 ○ 1825 0.32 ○ 925 ○ 1000 ○ 110 ○																		
10 A 75 980 6 1.2 1 V. 9° 32 26 ○ 2195 0.39 ○ 915 ○ 995 ○ 115 ○																		
11 A 100 980 3 1.2 1 U. 6° 24 10 ○ 1750 0.18 ○ 875 ○ 990 ○ 135 ○																		
12 B 100 980 6 1.2 1 V. 7° 39 15 ○ 2500 0.25 ○ 915 ○ 1010 ○ 115 ○																		
13 B 200 980 5 1.2 1 V. 6° 39 16 ○ 5550 0.14 ○ 900 ○ 1015 ○ 125 ○																		
14 B 75 1080 9 1.2 1 U. 8° 22 15 ○ 1450 0.26 ○ 970 ○ 1105 ○ 80 ○																		
15 A 75 1070 10 1.2 1 U. 8° 33 15 ○ 1920 0.34 ○ 985 ○ 1100 ○ 75 ○																		

\* ) W2 < W1 < 0.45t ... (1) ○ : (1) 式を満足する、× : (1) 式を満足しない  
\*\* ) S/t² < 0.4 ... (2) ○ : (2) 式を満足する、× : (2) 式を満足しない  
\*\*\* ) 0.95TS + 300S/t² - 135 < TSw < 0.95TS ... (3) ○ : (3) 式を満足する、× : (3) 式を満足しない

【0049】

【表5】

【表4-2】

組手	組合せ			溶接条件	縫手部												備考	
	鋼板		ワイヤ		断面形状						溶金引張特性		引張特性		溶接金属韌性			
	No	板厚 mm	引張強さ TSC MPa		No	ワイヤ 径 mm	No	開先形 状: θ	W1 mm	W2 mm	(1)式 *	S mm²	S/t² **	(2)式 ***	TSw MPa	(3)式 ***	MPa	評価
16 A 50 900 1 1.2 3 U. 8° 18 12 ○ 760 0.30 ○ 816 ○ 922 ○ 148 ○	本発明例																	
17 A 50 900 2 1.2 3 U. 8° 22 12 ○ 880 0.35 ○ 838 ○ 907 ○ 142 ○																		
18 A 75 960 5 1.2 3 U. 8° 23 15 ○ 1460 0.26 ○ 895 ○ 977 ○ 120 ○																		
19 A 50 980 4 1.2 3 V. 8° 18 10 ○ 725 0.29 ○ 893 ○ 1005 ○ 128 ○																		
20 A 50 980 6 1.2 3 U. 9° 22 14 ○ 930 0.37 ○ 918 ○ 1013 ○ 112 ○																		
21 A 75 980 3 1.2 3 V. 7° 22 15 ○ 1400 0.25 ○ 880 ○ 990 ○ 130 ○																		
22 A 75 980 8 1.2 3 U. 6° 22 15 ○ 1400 0.25 ○ 925 ○ 1018 ○ 125 ○																		
23 A 75 980 6 1.2 3 V. 7° 28 15 ○ 1630 0.29 ○ 910 ○ 1005 ○ 118 ○																		
24 A 75 980 7 1.2 3 V. 10° 33 15 ○ 1825 0.32 ○ 920 ○ 1000 ○ 108 ○																		
25 A 75 980 6 1.2 3 V. 9° 32 26 ○ 2195 0.39 ○ 918 ○ 999 ○ 112 ○																		
26 A 100 980 3 1.2 3 U. 6° 24 10 ○ 1750 0.18 ○ 870 ○ 985 ○ 138 ○																		
27 B 100 980 6 1.2 3 V. 7° 39 15 ○ 2500 0.25 ○ 913 ○ 1012 ○ 117 ○																		
28 B 200 980 5 1.2 3 V. 6° 39 16 ○ 5550 0.14 ○ 905 ○ 1017 ○ 126 ○																		
29 B 75 1080 9 1.2 3 U. 8° 22 15 ○ 1450 0.26 ○ 972 ○ 1108 ○ 82 ○																		
30 A 75 1070 10 1.2 3 U. 8° 33 15 ○ 1920 0.34 ○ 988 ○ 1102 ○ 74 ○																		

\* ) W2 < W1 < 0.45t ... (1) ○ : (1) 式を満足する、× : (1) 式を満足しない  
\*\* ) S/t² < 0.4 ... (2) ○ : (2) 式を満足する、× : (2) 式を満足しない  
\*\*\* ) 0.95TS + 300S/t² - 135 < TSw < 0.95TS ... (3) ○ : (3) 式を満足する、× : (3) 式を満足しない

【0050】

【表6】

【表4-3】

被 手 手 No	組合せ				溶接条件	継手部										考 考 比 較 例			
	鋼板		ワイヤ			断面形状					溶接金属特性		引張特性		溶接金属韧性				
	No	板厚 mm	引張強さ TS(MPa)	No	φ径 mm	No	開先形 状: θ	W1 mm	W2 mm	(1)式 寸	S/ mm <sup>2</sup>	(2)式 寸	TS <sub>w</sub> MPa	(3)式 寸	評 価	vE <sub>-20</sub> J	評 価		
31 A 50 900 11 1.2 1 U 6° 20 12 ○ 820 0.33 ○ 800 × 885 × 145 ○	32 A 50 980 12 1.2 1 U 6° 20 12 ○ 820 0.33 ○ 1005 × 1015 ○ 55 ×	33 A 50 980 8 1.2 2 U 7° 25 15 × 1000 0.40 × 825 ○ 830 × 110 ○	34 A 50 980 8 1.2 1 V 12° 32 12 × 1200 0.48 × 929 × 935 × 120 ○	35 A 75 980 12 1.2 1 V 8° 22 15 ○ 1405 0.25 ○ 1000 × 1000 ○ 55 ×	36 A 75 980 5 1.2 2 V 10° 33 18 ○ 1935 0.34 ○ 885 × 940 × 130 ○	37 A 75 980 6 1.2 1 V 11° 36 22 × 2230 0.40 × 920 ○ 930 × 110 ○	38 A 75 980 9 1.2 2 V 5° 32 34 × 2505 0.45 × 930 ○ 935 × 120 ○	39 C 200 980 9 1.2 1 U 6° 39 16 ○ 5590 0.14 ○ 990 × 1015 ○ 60 ×	40 A 75 1080 12 1.2 2 U 12° 35 15 × 1955 0.35 ○ 995 ○ 1020 × 60 ×	41 B 75 1180 9 1.2 1 U 7° 28 15 ○ 1630 0.29 ○ 970 × 1010 × 80 ○	42 A 75 980 7 1.2 1 U 13° 37 15 × 2010 0.36 ○ 925 ○ 932 × 110 ○	43 C 75 1080 10 1.2 1 V 7° 28 15 ○ 1665 0.30 ○ 1090 × 1105 ○ 45 ×							

\*) W2 &lt; W1 &lt; 0.45t ... (1) ○ : (1) 式を満足する、× : (1) 式を満足しない

\*\*) S/t<sup>2</sup> < 0.4 ... (2) ○ : (2) 式を満足する、× : (2) 式を満足しない\*\*\*) 0.95TS+300S/t<sup>2</sup>-135 < TS<sub>w</sub> < 0.95TS ... (3) ○ : (3) 式を満足する、× : (3) 式を満足しない

【0051】本発明例は、溶接継手部の引張強度が鋼板の引張強さ以上であり、また溶接継手部韌性もvE<sub>-20</sub>で70J以上と良好な値を示している。一方、本発明の範囲を外れる比較例は、溶接金属の断面形状が(1)～(3)式のいずれかあるいは全部を満足せず、溶接継手部の引張強度が不足するか、あるいは溶接金属の強度が高すぎ韌性が不足している。

#### 【0052】

【発明の効果】本発明によれば、引張強さと韌性がともに優れた、900MPa以上級厚肉高張力鋼板のガスシールド溶接継手を容易に製作でき、900MPa以上の引張強さを有

する高張力鋼を種々の産業分野に使用でき、産業上格段の効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

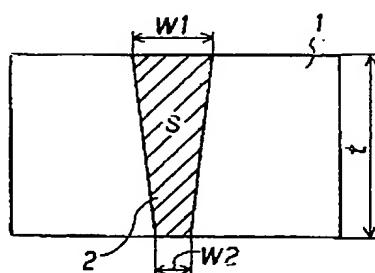
【図1】溶接継手部の断面形状を模式的に示す説明図である。

【図2】本発明に好適な開先形状の1例を示す断面図である。

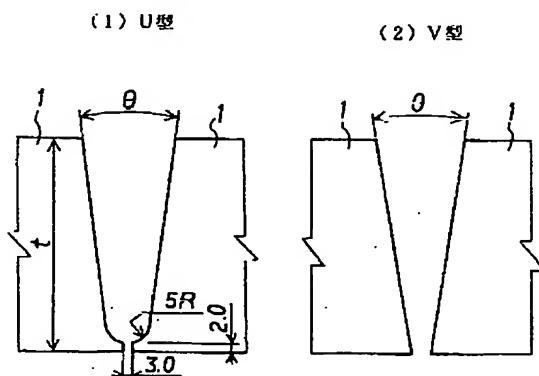
#### 【符号の説明】

- 1 鋼板
- 2 溶接金属

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

(参考)

C 22 C 38/50

C 22 C 38/50

38/54

38/54

// B 23 K 103:04